

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 02-146779

(43)Date of publication of application : 05.06.1990

(51)Int.Cl.

H01L 33/00
H01L 21/205
H01L 21/208

(21)Application number : 63-300228

(71)Applicant : MITSUBISHI MONSANTO CHEM CO
MITSUBISHI KASEI CORP

(22)Date of filing : 28.11.1988

(72)Inventor : SATO TADASHIGE
ISHIWATARI TOSHIO
FUJITA HISANORI

(54) DOUBLE-HETERO TYPE EPITAXIAL WAFER

(57)Abstract:

PURPOSE: To obtain a wafer having little light absorption in the inside without removing a substrate while being suitable for manufacturing a high output LED by making a refraction factor of a clad layer on the substrate side smaller than a refraction factor of the other clad layer.

CONSTITUTION: In a double-hetero type epitaxial wafer having an n-clad layer and a p-clad layer consisting of a single crystal substrate and a III-V group compound mixed crystal having an indirect transition type band construction, as well as an active layer, which is put between aforesaid both clad layers and consisting of a III-V group compound mixed crystal having a direct transition type band construction, a refraction factor of the clad layer on the single crystal substrate side is made smaller than the refraction factor of the other clad layer. For instance, on the Zr dope p-type GaAs single crystal substrate having an orientation (100) and the thickness 0.3mm, the p-clad layer, the active layer and the n-clad layer consisting of AlXGa1-XAs are made to grow by a liquid phase epitaxial growth while a mixed crystal factor (x) of the p-clad layer shall be 0.81, a mixed crystal factor (x) of the active layer shall be 0.34 and a mixed crystal factor (x) of the n-clad layer shall be 0.72.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

平2-146779

⑬ Int. Cl.⁵H 01 L 33/00
21/205
21/208

識別記号

A 7733-5F
7739-5F
T 7630-5F

庁内整理番号

⑭ 公開 平成2年(1990)6月5日

審査請求 未請求 請求項の数 4 (全3頁)

⑮ 発明の名称 ダブルヘテロ型エピタキシャル・ウエハ

⑯ 特 願 昭63-300228

⑰ 出 願 昭63(1988)11月28日

⑱ 発 明 者 佐 藤 忠 重 茨城県牛久市東端穴町1000番地 三菱モンサント化成株式
会社筑波工場内

⑲ 発 明 者 石 渡 俊 男 茨城県牛久市東端穴町1000番地 三菱モンサント化成株式
会社筑波工場内

⑳ 発 明 者 藤 田 尚 徳 茨城県牛久市東端穴町1000番地 三菱モンサント化成株式
会社筑波工場内

㉑ 出 願 人 三菱モンサント化成株 東京都千代田区丸の内2丁目5番2号
式会社

㉒ 出 願 人 三菱化成株式会社 東京都千代田区丸の内2丁目5番2号

㉓ 代 理 人 弁理士 長谷川 一 外1名

明 細 書

1 発明の名称

ダブルヘテロ型エピタキシャル・ウエハ

2 特許請求の範囲

(1) 単結晶基板、間接遷移型バンド構造を有するⅢ-V族化合物混晶からなる n クラッド層及び p クラッド層ならびに上記両クラッド層で挟まれた直接遷移型バンド構造を有するⅢ-V族化合物混晶からなる活性層を有するダブルヘテロ型エピタキシャル・ウエハにおいて、単結晶基板側のクラッド層の屈折率が、他のクラッド層の屈折率よりも小さいことを特徴とするエピタキシャル・ウエハ。

(2) Ⅲ-V族化合物混晶が、ひ化ガリウム・アルミニウムである請求項第1項記載のエピタキシャル・ウエハ。

(3) 単結晶基板が、p 型ひ化ガリウムであり、単結晶基板側のクラッド層が p 型、他のクラッド層が n 型である請求項第2項記載のエピタキシャル・ウエハ。

(4) p クラッド層の混晶率が、n クラッド層の混晶率よりも少なくとも0.02大である請求項第3項記載のダブルヘテロ型エピタキシャル・ウエハ。

3 発明の詳細な説明

「産業上の利用分野」

本発明は、発光出力の大きい発光ダイオード(以下、「LED」という。)の製造に適したダブルヘテロ型エピタキシャル・ウエハに関する。

「従来の技術」

ダブルヘテロ構造を有するⅢ-V族化合物(本明細書では、周期律表第Ⅲb族及び第Ⅴb族元素からなる化合物を、「Ⅲ-V族化合物」という。)混晶エピタキシャル・ウエハは、キャリアを活性層に閉込めることができ、非発光再結合によるキャリアの消滅が少ないので大出力のLEDの製造に適する。特に、ひ化ガリウム・アルミニウム混晶を用いたエピタキシャル・ウエハは、大出力の赤色LEDを製造できるので、表示装置、カメラの自動焦点測定装置等に広く用いられている。

これらのエピタキシャル・ウェハは、ひ化ガリウム(GaAs)等の単結晶基板(以下、「基板」という。)上の液相エピタキシャル成長法、気相エピタキシャル成長法等によって、所望のⅢ-V族化合物混晶をエピタキシャル成長させることにより製造される。

しかしながら、基板として用いられるひ化ガリウム等は、光の透過性が低いのでp-n接合で発生した光が、外部に放射される前に、基板で吸収されるという問題があった。従来、基板による光の吸収を避けるためには、エピタキシャル成長後に、基板を研削又はエッチングを行って除去することが行われていた。

一般に、エピタキシャル・ウェハは、LEDの製造工程での破損を避ける必要から、少なくとも0.2mmの厚みを有することが望まれる。

そのため、従来は、エピタキシャル層を、0.2mm以上の厚みに成長させていた。

「発明が解決しようとする課題」

しかしながら、エピタキシャル層の厚みを厚く

すると、屈折係数の相違から、エピタキシャル層、特に、各クラッド層中で混晶組成の不均一が生じるという問題があった。

「課題を解決する手段」

本発明者等は、基板を除去しなくても内部の光吸収の少なく、高出力LEDの製造に適したⅢ-V族化合物エピタキシャル・ウェハを開発することを目的として鋭意研究を重ねた結果、本発明に到達したものである。

本発明の上記の目的は、基板、間接遷移型バンド構造を有するⅢ-V族化合物混晶からなるnクラッド層及びpクラッド層ならびに上記両クラッドで挟まれた直接遷移型バンド構造を有するⅢ-V族化合物混晶からなる活性層を有するダブル・ヘテロ型エピタキシャル・ウェハにおいて、基板側のクラッド層の屈折率が、他のクラッド層の屈折率より小さいダブル・ヘテロ型エピタキシャル・ウェハによって達せられる。

Ⅲ-V族化合物混晶として、ひ化ガリウム・アルミニウム、りん化ガリウム・インジウム、りん

-3-

化ひ化ガリウム・インジウム等の混晶が用いられる。これらの混晶は、混晶率を変化させることにより、間接遷移型及び直接遷移型の両方のバンド構造の混晶が得られるので、ダブル・ヘテロ型のエピタキシャル・ウェハの製造に適している。

例えば、ひ化ガリウム・アルミニウムでは、混晶率が約0.45以下で直接遷移型、それ以上で間接遷移型のバンド構造を有する。

なお、本明細書では、「混晶率」とは、混晶を構成するⅢ-V族化合物の比率をいう。特に、ひ化ガリウム・アルミニウムの場合ひ化ガリウム・アルミニウムを、 $(GaAs)_x(AlAs)_x$ と表示した場合の「x」の値をいう($1 \leq x \leq 1$)。

本発明のエピタキシャル・ウェハは、基板上に気相あるいは液相エピタキシャル成長法又は分子線エピタキシャル成長法等の方法によって、所望のⅢ-V族化合物混晶をエピタキシャル成長させることによって製造される。気相エピタキシャル成長法、例えば、有機金属気相エピタキシャル成長法(MOCVD法)、ハロゲン化物輸送法等又は

-4-

分子線エピタキシャル成長法は、成長させる単結晶層の組成、厚み等の制御が容易であり、一方、液相エピタキシャル成長法では、膜厚の大きな単結晶層が容易に得られるので、エピタキシャル成長の目的に応じて、成長法を適宜選択する。

基板としては、ひ化ガリウム、りん化インジウム等が好ましいが、けい素、ゲルマニウム等でもよい。

ひ化ガリウム・アルミニウムを成長させたエピタキシャル・ウェハを成長させる場合、通常は、p型ひ化ガリウム基板上に、pクラッド層、活性層及びnクラッド層をこの順で成長させる。これは、p型ひ化ガリウム基板を用いると、ひ化ガリウム・アルミニウムとの格子定数の差が小さいので、転位の発生が殆ど無いこと、また、基板のp型キャリア濃度を高濃度とすることができるので、電極形成が容易であるからである。

本発明では、基板側のクラッド層の屈折率は、表面側のクラッド層よりも小とする。すなわち、基板側のクラッド層の混晶率を、表面側の混晶率

-5-

-592-

-8-

よりも大とする。この結果、基板とクラッド層の界面で反射した光が、乱反射することなく該クラッド層と活性層の界面を通過する。

その結果、LEDの外部量子効率が高くなり、LEDの発光出力が増加する。

ひ化ガリウム・アルミニウム混晶エピタキシャル・ウェハの場合、基板側のpクラッド層の混晶率は、表面側のnクラッド層の混晶率よりも、少なくとも0.02大とする。

なお、III-V化合物混晶では、バンド幅(充満帯と伝導帯の間のエネルギー間隔をいう。)が大となる程、屈折率が小となる。例えば、ひ化ガリウム・アルミニウムでは、混晶率が大となる程、バンド幅が大となり、屈折率が小となる。

ひ化ガリウム・アルミニウム混晶エピタキシャル・ウェハの場合、各層の①層厚及び②混晶率は、次のようにするのがよい。

(1) pクラッド層;

①約5〜約40 μm 、②約0.7〜約0.9

(2) 活性層;

-7-

(3) 活性層; ①2.0 μm 、② $5.2 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 、③0.34

(4) nクラッド層; ①40 μm 、② $2.0 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 、③0.72

なお、キャリア濃度は、pn接合を用いたC-V法及びvan der Pauw法により測定した。また、混晶率は、X線マイクロアナライザーにより測定し、測定結果をZAF補正法により補正して混晶率を求めた。

得られたエピタキシャル・ウェハから、一辺0.3mm、厚さ0.25mmのLEDチップを作製した。得られたチップをエポキシ樹脂でコートした後、電流密度8A/cm²の条件で測定して、光出力は1.8cd(100個平均値)、発光波長661nm、また、順方向電圧は、1.85V(100個平均値)であった。

比較例

実施例で用いたものと同様のひ化ガリウム単結晶基板上に次のようなひ化ガリウム・アルミニウム混晶を液相エピタキシャル成長法によって成長

①約0.5〜約7 μm 、②約0〜約0.45

なお、活性層の伝導型は、p型とするのがよい。

(3) nクラッド層;

①約5〜約40 μm 、②約0.5〜約0.88

また、キャリア濃度は、通常の範囲、例えば、約 1×10^{17} 〜約 $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ でよいが、活性層のキャリア濃度をpクラッド層のキャリア濃度より大とするのが好ましい。

〔実施例〕

実施例

液相エピタキシャル成長法により、次のようなひ化ガリウム・アルミニウム混晶エピタキシャル・ウェハを成長させた。

(1) 基板; 表面の面方位、(100)、厚さは、0.3mmの亜鉛ドーパp型ひ化ガリウム単結晶基板。

以下、本実施例及び比較例で、①層厚、②キャリア濃度、③混晶率の順に示す。

(2) pクラッド層; ①20 μm 、② $3.0 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 、③0.81

-8-

させた。

(1) pクラッド層; ①18 μm 、② $3.5 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 、③0.65

(2) 活性層; ①1.8 μm 、② $5.2 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 、③0.34

(3) nクラッド層; ①45 μm 、② $2.0 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 、③0.72

得られたエピタキシャル・ウェハから実施例と同様にしてLEDチップを作製した。実施例と同様にして測定した光出力は、1.1cd(100個平均値)、また、ピーク発光波長は、663nmであった。

〔発明の効果〕

本発明は、下記のような顕著な効果があるので、産業上の利用価値が大である。

(1) 基板を除去しなくても、大きな光出力が得られる。

(2) 従って、基板除去にそなえて層厚の大きなエピタキシャル層を成長させる必要がないので、エピタキシャル層の組成の不均一が発生しない。